

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-233547

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 B 11/24

識別記号

府内整理番号

F I

G 0 1 B 11/24

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数2 FD (全7頁)

(21)出願番号

特願平7-61743

(22)出願日

平成7年(1995)2月24日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 角田 久常

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン本社内

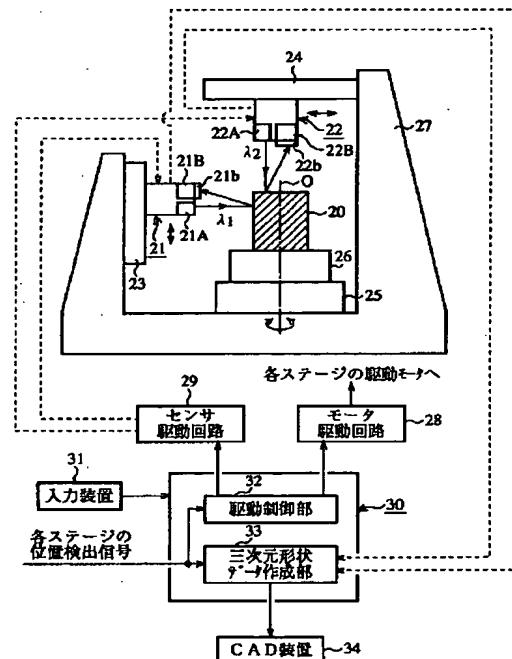
(74)代理人 弁理士 四宮 通

(54)【発明の名称】 三次元形状測定装置

(57)【要約】

【目的】 測定の信頼性を低下させることなく、複数の光距離センサを用いて各光距離センサによる同時計測を行い、測定時間を短縮させる。

【構成】 レーザー変位計21, 22の各々の照射部21A, 22Aは、互いに異なる波長 λ_1 , λ_2 のレーザー光を同時に照射する。レーザー変位計21の受光部21Bは波長 λ_1 の光を受光するとともに波長 λ_2 の光を受光せず、レーザー変位計22の受光部22Bは波長 λ_2 の光を受光するとともに波長 λ_1 の光を受光しない。これにより、レーザー変位計21, 22間の相互干渉が防止される。



(2)

特開平8-233547

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 各々が、被測定物に対して照射光を照射する照射部と、前記被測定物からの反射光を受光する受光部とを備えた複数の光距離センサと、前記複数の光距離センサと前記被測定物との間の相対位置を変更させる位置変更手段と、前記複数の光距離センサの各々と前記被測定物との間の各相対位置に応じた前記複数の光距離センサの受光部の出力に基づいて、前記被測定物の三次元形状データを作製する三次元形状データ作製手段と、を備えた三次元形状測定装置において、前記複数の光距離センサの照射部から同時に照射光が照射されるように、前記複数の光距離センサを駆動する駆動手段を更に備え、前記複数の光距離センサの各々の照射部は、前記照射光として互いに異なる波長の光を照射し、前記複数の光距離センサの各々の受光部は、当該光距離センサの照射部から照射された照射光と同一の波長の光を受光するとともに他の光距離センサの照射部から照射された照射光と同一の波長の光は受光しない、ことを特徴とする三次元形状測定装置。

【請求項2】 前記複数の光距離センサの各々の受光部は、光入射側に、当該光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を透過させるとともに他の光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を遮光するフィルタを有することを特徴とする請求項1記載の三次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザー変位計等の光距離センサを用いて、被測定物の三次元形状を測定する三次元形状測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 被測定物に対して照射光を照射する照射部と被測定物からの反射光を受光する受光部とを備えた光距離センサを用いて、非接触で被測定物の三次元形状を測定することが、従来から広く行われている。

【0003】 このような光距離センサの一つとして、三角測量の原理を利用するとともにレーザー光を用いた三角測距式レーザー変位計がある。

【0004】 図4は、一般的な三角測距式レーザー変位計1の測定原理を示す説明図である。

【0005】 図4に示すように、このレーザー変位計1は、被測定物6に対してスポット状のレーザー光（拡がりのないレーザービーム）を照射する照射部2と、被測定物6からの反射光を受光する受光部3とを備えている。受光部3は、受光位置に応じた信号を出力するPSD (position sensitive device、半導体位置検出器) やCCDなどの1次元受光センサ4と、前記反射光（被測定物6上の照射光による像）を前記1次元受光センサ

4の受光面上に投影させる受光レンズ5とから構成されている。

【0006】 このレーザー変位計1によれば、照射部2から発したレーザー光は、被測定物6に照射され、その反射光が受光レンズ5を介し受光センサ4により受光される。このとき、図4に示すように、被測定物6の面の位置に応じて、受光センサ4に入る反射光の位置が変化する。したがって、受光センサ4から、被測定物6上のレーザー光照射位置までの距離を示す出力が得られる。

【0007】 なお、前記レーザー変位計1において、前記照射部2としてスリット状のレーザー光を照射するものを用いるとともに、前記受光センサとして2次元受光センサを用いたレーザー変位計も、知られている。このレーザー変位計は、前記レーザー変位計1と同一の原理に基づくものであるが、スリット状のレーザー光により照射された被測定物6上の線状の照射位置（光切断線の位置）の距離が、一括して前記2次元受光センサの出力として得られるものである。

【0008】 そして、従来から、前述したようなレーザー変位計を複数用いた三次元形状測定装置が提供されている。図2は、このような従来の三次元形状測定装置の一例の概略の構成を示す側面図である。

【0009】 この従来の三次元形状測定装置は、図2に示すように、被測定物10の側面方向の距離を測定する側面測定用のレーザー変位計11と、被測定物10の上面方向の距離を測定する上面測定用のレーザー変位計12と、レーザー変位計11を図2中の上下方向（鉛直方向、Z方向）に移動させるZステージ13と、レーザー変位計12を図2中の左右方向に移動させるRステージ14と、被測定物10を鉛直方向に延びる回転軸Oを中心として回転させるθステージ15と、θステージ15上に搭載され水平面内において被測定物10を格子状に移動させるX-Yステージ16と、各ステージ13、14、15を支持する基盤17と、を備えている。

【0010】 前記レーザー変位計11、12は、図4に示した変位計1と同一の構成を有しており、それぞれ照射部11A、12Aと受光部11B、12Bとを有している。そして、レーザー変位計11、12として全く同一のレーザー変位計が用いられており、照射部11A、12Aは同一波長λのレーザー光を照射し、受光部11B、12Bはその波長λの光を受光する。

【0011】 図2に示す従来の装置では、次のようにして被測定物10の三次元形状が測定される。

【0012】 まず、Rステージ14を駆動してレーザー変位計12の照射光軸をθステージ15の回転軸Oと一致させるとともに、X-Yステージ16を駆動して被測定物10の中心をθステージ15の回転軸Oとほぼ一致させる。また、Zステージ13を駆動してレーザー変位計11の照射光軸を被測定物10の最下位置に当てる。これらの位置が初期位置である。

(3)

特開平8-233547

3

【0013】次に、レーザー変位計12の照射部12Aからのレーザー光の照射を継続しつつ、レーザー変位計12による被測定物10の上面の測定を行う。すなわち、まず、被測定物10の上面における回転軸O上の点までの距離をレーザー変位計12で測定する。その後、Rステージ14を駆動してレーザー変位計12を所定量動かした後、θステージ15により被測定物10を回転させながら一定角度ごとの被測定物10の上面までの距離をレーザー変位計12で測定する。被測定物10が1回転すると、レーザー変位計12をRステージ14により同じ向きに更に所定量移動させて、同様に、被測定物10を回転させながら被測定物10の上面までの距離をレーザー変位計12で測定する。これを繰り返し、レーザー変位計12からのレーザー光が被測定物10に当たらなくなれば、レーザー変位計12による被測定物10の上面の三次元形状の測定が終了する。なお、レーザー変位計12による測定中には、レーザー変位計11の照射部11Aからのレーザー光の照射は、停止されている。

【0014】次に、レーザー変位計12の照射部12Aからのレーザー光の照射を停止し、レーザー変位計11の照射部11Aからのレーザー光の照射を継続しつつ、レーザー変位計11による被測定物10の側面の測定を行う。すなわち、θステージ15により被測定物10を回転させながら、被測定物10の最下位置における一定角度ごとの被測定物10の側面までの距離をレーザー変位計11で測定する。被測定物10が1回転すると、レーザー変位計11をZステージ13により上方に所定量移動させて、同様に、被測定物10を回転させながら被測定物10の側面までの距離をレーザー変位計11で測定する。これを繰り返し、レーザー変位計11からのレーザー光が被測定物10に当たらなくなれば、レーザー変位計11による被測定物10の側面の三次元形状の測定が終了する。

【0015】その後、レーザー変位計12により得た被測定物10の上面の三次元形状データとレーザー変位計11により得た被測定物10の側面の三次元形状データとを合成することにより、被測定物10の全体の三次元形状データが得られる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図2に示す従来の三次元形状測定装置では、前述したように、レーザー変位計12による被測定物10の上面の測定とレーザー変位計11による被測定物10の側面の測定を、同時ではなく、順次に行っていたので、測定時間が長いという欠点がある。

【0017】そこで、本件発明者は、測定時間を短縮するべく、図2に示す三次元形状測定装置において、レーザー変位計12による被測定物10の上面の測定とレーザー変位計11による被測定物10の側面の測定を、同

時に行なうようにしてみた。

【0018】すなわち、測定中は、前記初期位置レーザー変位計11、12の照射部11A、12Aから同時にレーザー光を照射させる。そして、まず、被測定物10の上面における回転軸O上の点までの距離をレーザー変位計12で測定する。その後、Rステージ14を駆動してレーザー変位計12を所定量動かした後、θステージ15により被測定物10を回転させながら、一定角度ごとの被測定物10の上面までの距離をレーザー変位計12で測定すると同時に、被測定物10の最下位置における一定角度ごとの被測定物10の側面までの距離をレーザー変位計11で測定する。被測定物10が1回転すると、レーザー変位計12をRステージ14により更に所定量移動させるとともに、レーザー変位計11をZステージ13により上方に所定量移動させた後、同様に、θステージ15により被測定物10を回転させながら、一定角度ごとの被測定物10の上面までの距離をレーザー変位計12で測定すると同時に、一定角度ごとの被測定物10の側面までの距離をレーザー変位計11で測定する。そして、これを繰り返し、レーザー変位計12からのレーザー光が被測定物10に当たらなくなれば、レーザー変位計12による被測定物10の上面の三次元形状の測定が終了し、レーザー変位計11からのレーザー光が被測定物10に当たらなくなれば、レーザー変位計11による被測定物10の側面の三次元形状の測定が終了する。

【0019】その後、レーザー変位計12により得た被測定物10の上面の三次元形状データとレーザー変位計11により得た被測定物10の側面の三次元形状データとを合成することにより、被測定物10の全体の三次元形状データが得られる。

【0020】しかし、このようにしてレーザー変位計11、12による同時測定を行った場合には、測定時間は大幅に短縮するものの、三次元形状データ中に誤ったデータが含まれ、測定の信頼性が低下してしまうことが判明した。

【0021】以上説明した事情は、三角測距式レーザー変位計のみならず、合焦方式の光距離センサなど他の種々の光距離センサについても同様である。

【0022】本発明は、前記事情に鑑みてなされたもので、測定の信頼性を低下させることなく、複数の光距離センサを用いて各光距離センサによる同時計測を行うことができ、測定時間を短縮させることができる三次元形状測定装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明による三次元形状測定装置は、各々が、被測定物に対して照射光を照射する照射部と、前記被測定物からの反射光を受光する受光部とを備えた複数の光距離センサと、前記複数の光距離センサと前記被測定物との

(4)

特開平8-233547

5

間の相対位置を変更させる位置変更手段と、前記複数の光距離センサの各々と前記被測定物との間の各相対位置に応じた前記複数の光距離センサの受光部の出力に基づいて、前記被測定物の三次元形状データを作製する三次元形状データ作製手段と、を備えた三次元形状測定装置において、前記複数の光距離センサの照射部から同時に照射光が照射されるように、前記複数の光距離センサを駆動する駆動手段を更に備え、前記複数の光距離センサの各々の照射部は、前記照射光として互いに異なる波長の光を照射し、前記複数の光距離センサの各々の受光部は、当該光距離センサの照射部から照射された照射光と同一の波長の光を受光するとともに他の光距離センサの照射部から照射された照射光と同一の波長の光は受光しないものである。

【0024】前記複数の光距離センサの各々の受光部は、光入射側に、当該光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を透過させるとともに他の光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を遮光するフィルタを有していてもよい。

【0025】

【作用】前述したようにして、図2に示す三次元形状測定装置において、レーザー変位計12による被測定物1の上面の測定とレーザー変位計11による被測定物1の側面の測定を同時に進行する場合に、三次元形状データ中に誤ったデータが含まれ、測定の信頼性が低下してしまう原因は、本件発明者の研究により、レーザー変位計11、12間の相互干渉であることが判明した。

【0026】すなわち、前述したようにしてレーザー変位計11、12による同時測定を行うと、例えば、図3に示すような、レーザー変位計11、12の位置関係及び被測定物10の形状の場合には、レーザー変位計11の受光部11Bは、自分の照射部11Aから照射されたレーザー光18aによる反射光18bを受光するのみならず、レーザー変位計12の照射部12Aから照射されたレーザー光19aによる反射光19cをも受光してしまう。なお、レーザー光19aによる反射光19bがレーザー変位計12による測定に用いられるものであるが、反射光19cも、被測定物10の形状による乱反射により生ずるのである。したがって、レーザー変位計11の出力が異常となり、その場合に得られたデータが誤ったものとなる。

【0027】本発明は、このような知見に基づいてなされたもので、複数の光距離センサによる同時測定における光距離センサ間の相互干渉を防ぎ、測定の信頼性を低下させることなく、測定時間の短縮を図ることができるものである。

【0028】すなわち、本発明によれば、前記複数の光距離センサの各々の照射部は、前記照射光として互いに異なる波長の光を照射し、前記複数の光距離センサの各々の受光部は、当該光距離センサの照射部から照射され

10

6

た照射光と同一の波長の光を受光するとともに他の光距離センサの照射部から照射された照射光と同一の波長の光は受光しない。したがって、従来と同様に、ある光距離センサの受光部には他の光距離センサの照射部から照射された照射光による反射光が入射しようとする場合があるが、その場合であっても当該受光部は他の光距離センサによる反射光を受光しない。その結果、複数の光距離センサによる同時測定における光距離センサ間の相互干渉が防止され、測定の信頼性が低下することなく、測定時間が短縮する。

20

【0029】光距離センサの受光部が特定の波長の光を受光するとともに他の特定の波長の光を受光しないようにする具体的な手法としては種々あるが、前述したように、光距離センサの受光部が、光入射側に、当該光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を透過させるとともに他の光距離センサから照射された照射光と同一の波長の光を遮光するフィルタを有することが好ましい。この場合には、一般的に市販されているレーザー変位計（このレーザー変位計の受光部は通常は当該波長選択特性を有していない。）を、その受光窓に当該フィルタを付加するだけで、用いることができる利点がある。

20

【0030】

【実施例】以下、本発明の一実施例による三次元形状測定装置について、図1を参照して説明する。

30

【0031】図1は、本発明の一実施例による三次元形状測定装置の全体構成を示す図である。本実施例では、被測定物20は、歯科用作業模型とする。もっとも、被測定物20はこれに限定されるものではなく、本発明による三次元形状測定装置は他の任意のものも測定することができる。

40

【0032】本実施例による三次元形状測定装置は、図1に示すように、被測定物20の側面方向の距離を測定する側面測定用の光距離センサとしてのレーザー変位計21と、被測定物20の上面方向の距離を測定する上面測定用の光距離センサとしてのレーザー変位計22と、レーザー変位計21を図1中の上下方向（鉛直方向、Z方向）に移動させるZステージ23と、レーザー変位計22を図1中の左右方向に移動させるRステージ24と、被測定物20を鉛直方向に延びる回転軸Oを中心として回転させるθステージ25と、θステージ25上に搭載され水平面内において被測定物20を格子状に移動させるX-Yステージ26、各ステージ23、24、25を支持する基盤27と、を備えている。

50

【0033】前記レーザー変位計21、22は、図4に示した変位計1と基本的には同様の構成を有している。すなわち、レーザー変位計21は、被測定物20に対してスポット状のレーザー光を照射する照射部21Aと、被測定物20からの反射光を受光する受光部21Bとを有している。受光部21Bは、受光位置に応じた信号を出

(5)

特開平8-233547

7

力するPSDやCCDなどの1次元受光センサ（図示せず）と、前記反射光（被測定物20上の照射光による像）を前記1次元受光センサの受光面上に投影させる受光レンズ（図示せず）とを有している。同様に、レーザー変位計22は、被測定物20に対してスポット状のレーザー光を照射する照射部22Aと、被測定物20からの反射光を受光する受光部22Bとを有している。受光部22Bは、受光位置に応じた信号を出力する1次元受光センサ（図示せず）と、前記反射光（被測定物20上の照射光による像）を前記1次元受光センサの受光面上に投影させる受光レンズ（図示せず）とを有している。

【0034】そして、本実施例では、従来の三次元形状測定装置と異なり、各照射部21A, 22Aは互いに異なる波長 λ_1 , λ_2 のレーザー光を照射する。ここでは、照射部21Aが波長670nmのレーザー光を照射し、照射部22Aが波長870nmのレーザー光を照射するものとする。もっとも、各波長 λ_1 , λ_2 は、これらに限定されるものではなく、互いに異なっていればよい。

【0035】また、従来の三次元形状測定装置と異なり、受光部21Bは、照射部21Aから照射されたレーザー光と同一の波長670nmの光を受光し、照射部22Aから照射されたレーザー光と同一の波長870nmの光は受光しない。同様に、受光部22Bは、照射部22Aから照射されたレーザー光と同一の波長870nmの光を受光し、照射部21Aから照射されたレーザー光と同一の波長670nmの光は受光しない。

【0036】具体的には、本実施例では、受光部21Bは、光入射側に、主として波長670nmの光のみを透過させるとともに波長870nmの光を遮光するフィルタ21bを有している。また、受光部22Bは、光入射側に、主として波長870nmの光のみを透過させるとともに波長670nmの光を遮光するフィルタ22bを有している。本実施例では、このように受光部21B, 22Bがフィルタ21b, 22bを有する構成であるので、レーザー変位計21, 22として、一般的に市販されているレーザー変位計（このレーザー変位計の受光部は通常は当該波長選択特性を有していない。）を、その受光窓に当該フィルタ21b, 22bを装着するだけで、用いることができる。

【0037】なお、被測定物20が、材質が超硬石膏である直径10mm、高さ10mm程度の歯科用作業模型である場合には、例えば、Zステージ23は図1中の上下方向に±10mmの可動範囲を持ち、Rステージ24は図1中の左右方向に±10mmの可動範囲を持ち、X-Yステージ26は±25mmの可動範囲を持つ。θステージ25は、X-Yステージ26及び被測定物20を360°往復回転させる。

【0038】また、本実施例による三次元形状測定装置は、図1に示すように、各ステージ23, 24, 25, 26の駆動モータ（図示せず）を駆動するモータ駆動回

10

路28と、各レーザー変位計21, 22を駆動するセンサ駆動回路29と、各種の演算及び制御を行う演算・制御部30と、測定者が演算・制御部30に各種の指令を与えるためのキーボード等の入力装置31と、各ステージ23～26の位置（又は駆動量）を検出するエンコーダ等の位置検出器（図示せず）と、を備えている。

【0039】演算・制御部30は、マイクロコンピュータ等から構成され、主として、モータ駆動回路28及びセンサ駆動回路29の動作を制御する駆動制御部32としての機能と、レーザー変位計21, 22からの出力及び前記位置検出器からの出力（各ステージの位置検出信号）に基づいて三次元形状データを作製する三次元形状データ作製部33としての機能を担う。

【0040】なお、本実施例では、三次元形状データ作製部33で作製された三次元形状データは、これを利用するCAD装置34に供給されるようになっている。

【0041】次に、本実施例による三次元形状測定装置の動作の一例について、説明する。

20

【0042】まず、Rステージ24を駆動してレーザー変位計22の照射光軸をθステージ25の回転軸Oと一致させるとともに、X-Yステージ26を駆動して被測定物20の中心をθステージ25の回転軸Oとほぼ一致させる。また、Zステージ23を駆動してレーザー変位計21の照射光軸を被測定物20の最下位置に当てる。これらの位置が初期位置である。なお、レーザー変位計21の照射光軸とレーザー変位計22の照射光軸とは、直交している。

30

【0043】この初期状態において、駆動制御部32による制御を受けたセンサ駆動回路29が、レーザー変位計21, 22の照射部21A, 22Aからのレーザー光の照射を開始させ、以後測定が完了するまで、それらの同時照射が継続される。

40

【0044】そして、まず、被測定物20の上面における回転軸O上の点までの距離をレーザー変位計22で測定する。その後、Rステージ24を駆動してレーザー変位計22を所定量動かした後、θステージ25により被測定物20を回転させながら、一定角度ごとの被測定物20の上面までの距離をレーザー変位計22で測定すると同時に、被測定物20の最下位置における一定角度ごとの被測定物20の側面までの距離をレーザー変位計21で測定する。被測定物20が1回転すると、レーザー変位計22をRステージ24により更に所定量移動させるとともに、レーザー変位計21をZステージ23により上方に所定量移動させた後、同様に、θステージ25により被測定物20を回転させながら、一定角度ごとの被測定物20の上面までの距離をレーザー変位計22で測定すると同時に、一定角度ごとの被測定物20の側面までの距離をレーザー変位計21で測定する。そして、これを繰り返し、レーザー変位計22からのレーザー光が被測定物20に当たらなくなれば、レーザー変位計2

50

(6)

特開平8-233547

9

2による被測定物20の上面の三次元形状の測定が終了し、レーザー変位計21からのレーザー光が被測定物20に当たらなくなれば、レーザー変位計21による被測定物20の側面の三次元形状の測定が終了する。

【0045】なお、以上の説明において、レーザー変位計21、22による距離の測定は、三次元形状データ作製部33が各ステージの位置検出信号に応じてレーザー変位計21、22の出力を取り込むことにより行われる。

【0046】その後、三次元形状データ作製部33が、レーザー変位計22により得た被測定物20の上面の三次元形状データとレーザー変位計21により得た被測定物20の側面の三次元形状データとを合成することにより、被測定物20の全体の三次元形状データが得られる。

【0047】このようにして、レーザー変位計21、22による同時測定が行われるので、従来に比べて測定時間が大幅に短縮する。

【0048】そして、本実施例では、前述したように、レーザー変位計21、22の各々の照射部21A、22Aは、互いに異なる波長 λ_1 、 λ_2 のレーザー光を照射し、レーザー変位計21の受光部21Bは波長 λ_1 の光を受光とともに波長 λ_2 の光を受光せず、レーザー変位計22の受光部22Bは波長 λ_2 の光を受光とともに波長 λ_1 の光を受光しない。したがって、従来と同様に、一方のレーザー変位計21又は22の受光部21B又は22Bには他方のレーザー変位計22又は21の照射部22A又は21Aから照射された照射光による反射光が入射しようとする場合があるが、その場合であっても当該受光部は他方のレーザー変位計による反射光を受光しない。その結果、複数のレーザー変位計21、22による同時測定時におけるレーザー変位計21、22間の相互干渉が防止され、測定の信頼性が低下することはない。

【0049】以上、本発明の一実施例について説明したが、本発明はこの実施例に限定されるものではない。

【0050】例えば、前記実施例では、光距離センサとしてスポット状のレーザ光を利用する三角測距式レーザー変位計が用いられていたが、本発明では、光距離センサとして、スリット状のレーザー光を利用する三角測距

式レーザー変位計を用いてもよいし、合焦方式の光距離センサなど種々の光距離センサを用いてもよい。

【0051】また、本発明では、光距離センサの数も、3つ以上にすることができる。

【0052】さらに、前記実施例では、レーザー変位計21、22と被測定物20との間の相対位置を変更させる位置変更手段としてステージ23～26が採用され、移動ステージ5軸の構成が採用されていたが、その相対位置を所望の三次元形状を得るのに必要な位置にすることでできれば、位置変更手段として任意の構成を採用することができる。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、測定の信頼性を低下させることなく、複数の光距離センサを用いて各光距離センサによる同時計測を行うことができ、測定時間を短縮させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による三次元形状測定装置の全体構成図である。

【図2】従来の三次元形状測定装置の概略構成を示す側面図である。

【図3】従来の三次元形状測定装置におけるエラー発生の原理を示す説明図である。

【図4】一般的な三角測距式レーザー変位計の測定原理を示す説明図である。

【符合の説明】

20 被測定物

21, 22 レーザー変位計（光距離センサ）

21A, 22A 照射部

30 21B, 22B 受光部

21b, 22b フィルタ

23 Zステージ

24 Rステージ

25 θステージ

26 X-Yステージ

28 モータ駆動回路

29 センサ駆動回路

30 演算制御部

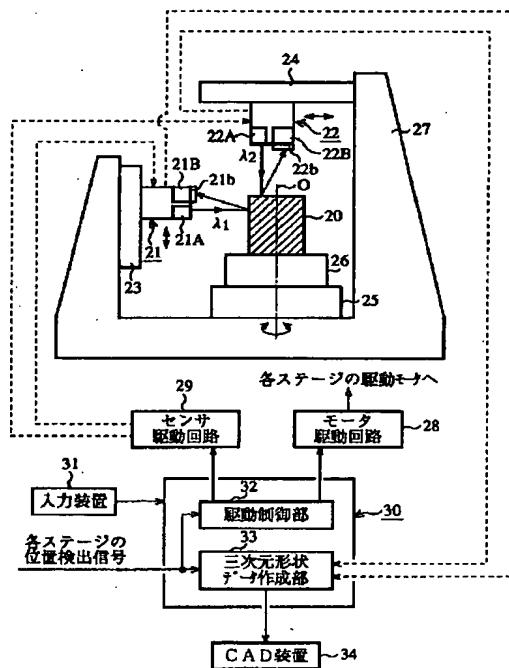
32 駆動制御部

40 33 三次元形状データ作製部

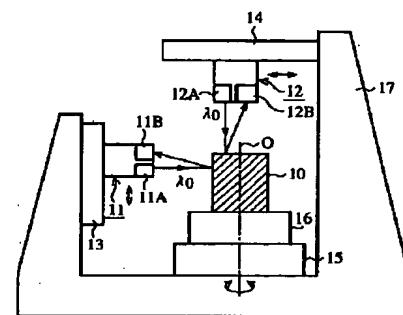
(7)

特開平 8-233547

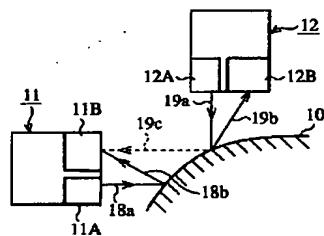
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

